Mode d’emploi

Débitmètre/Regulateur massique et Capteur/Régulateur de pression pour gaz et liquides

Doc. no.: 9.21.001O Date: 04-06-2014

ATTENTION
Avant l’installation et la mise en service des appareils, il est recommandé de lire ce manuel d’instructions.
Ne pas suivre les instructions peut entraîner de graves dommages pour les équipements et les utilisateurs.

Bronkhorst®
HIGH-TECH

Bien que nous ayons apporté une attention particulière dans la préparation et l'édition du contenu de ce manuel, nous ne pouvons assumer la responsabilité en cas d'inexactitude, d'erreur, de fausse déclaration ou n'importe quelle autre nature d'erreur contenu dans le manuel. Les informations du manuel sont données à titre indicatif uniquement, et sont sujet à changement sans préavis.

Bronkhorst High-Tech B.V.
Juin 2011

Garantie

Les produits Bronkhorst High-Tech sont garantis contre les défauts de pièces et main-d'oeuvre pour une durée de trois ans à compter de la date de livraison, à condition qu'ils soient utilisés selon les spécifications mentionnées au moment de la commande et en respectant les instructions du manuel, et qu'ils n'ont pas fait l'objet d'un détournement d'usage, de dommage ou d'une contamination.

Les appareils qui ne donneraient pas entière satisfaction durant les trois années d'utilisation peuvent être réparés ou remplacés gratuitement. Les réparations sont normalement garanties pendant une année sauf si la garantie d'origine court encore.
Voir paragraphe 9 pour les Conditions de Ventes.

La garantie couvre tous les défauts fortuits visibles ou qui peuvent apparaître pour des causes internes et indéterminées.

La garantie ne couvre pas les dommages causés par le client tels que contamination, branchement électrique incorrect, chute, etc. Par conséquent, les instruments renvoyés pour une prise en charge sous garantie, peuvent être considérés partiellement ou en totalité hors garantie. Les frais de remis en état seront dans ce cas à la charge du client.

Bronkhorst High-Tech B.V. prend en charge les frais de transport au départ de l'usine lorsque le service s'effectue sous garantie à moins d'un accord contraire conclu préalablement. Cependant, si les produits ont été retournés aux frais de Bronkhorst High-Tech B.V. le coût de ce transport sera rajouté sur la facture de réparation.

C’est le client qui prend en charge les frais d’import et/ou d’export, le mode d’expédition et le choix du transporteur.

Instructions abrégées d’utilisation

Avant d’installer votre débitmètre / régulateur ou capteur/
régulateur de pression, il est important de lire l’étiquette
collée sur l’instrument et vérifier
- La gamme de débit et de pression à mesurer.
- La nature du fluide à mesurer.
- La pression amont et aval.
- Le signal d’entrée/Le signal de sortie.

Vérifier sur l’autocollant rouge que le test de pression effectué est compatible avec votre application.

Vérifier la propreté des tuyaux. Pour garantir le seuil de propreté nécessaire, placer en amont de l’instrument un filtre (liquide sans particule, gaz sans trace d’humidité et d’huile).

Installer l’instrument sur la ligne et serrer les raccords selon les prescriptions du fabricant des raccords. Respecter la position de montage décrite dans ce manuel.

Assurer vous toujours que votre système soit sans fuite avant d’appliquer la pression.
Surtout si les fluides sont toxiques, explosifs ou autrement dangereux

Les raccordements électriques seront réalisés avec du câble standard ou en suivant les conseils donnés à la fin de ce manuel.

Mettre l’instrument sous tension et le laisser chauffer pendant environ 30 minutes. Cette opération peut être réalisée indifféremment hors ou sous pression.

Votre instrument est prêt à être utilisé.

TABLE DES MATIERES

1 Introduction

1.1 Description générale ..... page 8
1.1.1 Débit gaz ..... page 8
1.1.2 Débit liquide ..... page 8
1.1.3 Pression ..... page 8
1.2 Boîtiers ..... page 8
1.2.1 EL-FLOW® , EL-PRESS (Euro-style) ..... page 8
1.2.2 Débitmètre et régulateur de débit massique pour liquides ..... page 7
1.3 Vannes ..... page 9
1.3.1 Exécution laboratoire ..... page 9
1.3.2 Exécution industrielle ..... page 8
1.4 Principe de mesure ..... page 8
1.4.1 Capteurs pour débit gaz ..... page 8
1.4.2 Capteurs de débit liquide ..... page 8
1.4.3 Capteur de pression ..... page 9
1.5 Principes de fonctionnement des vannes : ..... page 9
1.5.1 Vanne à solénoïde ..... page 9
1.5.2 Vanne Vary-P ..... page 9
1.5.3 Vanne pilotée ..... page 11
1.5.4 Vanne à soufflets ..... page 11
1.6 Capteurs et élément déprimogène ..... page 10
1.7 Electronique ..... page 11
1.8 Coefficients de conversion ..... page 12
1.8.1 Coefficients de conversion pour gaz ..... page 12
1.8.2 Coefficients de conversion pour liquides ..... page 14
1.8.3 Logiciel pour le calcul des coefficients de conversion ..... page 14

2 Installation

2.1 Réception des instruments ..... page 15
2.2 Retour des instruments ..... page 15
2.3 Maintenance ..... page 15
2.4 Montage ..... page 15
2.5 Filtre en ligne ..... page 16
2.6 Raccords fluide ..... page 16
2.7 Tuyaux ..... page 16
2.8 Connexions électriques ..... page 17
2.9 Test de pression ..... page 17
2.10 Mise sous pression ..... page 17
2.11 Purge du système ..... page 17
2.12 Joints ..... page 17
2.13 Stockage des instruments ..... page 17
2.14 Compatibilité électromagnétique ..... page 18
2.14.1 Conditions à remplir pour conformité aux règles C.E. ..... page 18

3 Utilisation

3.1 Généralités ..... page 20
3.2 Alimentation et préchauffage ..... page 20
3.3 Mise à zéro ..... page 20
3.4 Démarrage ..... page 20
3.5 Conditions d'utilisation ..... page 20
3.6 Performance de l'instrument ..... page 21
3.6.1 Mesure ..... page 21
3.6.2 Régulation ..... page 21

4 Maintenance

4.1 Généralités ..... page 22
4.2 Capteur pour mesure de débit gaz ..... page 22
4.3 Capteur pour mesure de débit liquide ..... page 22
4.4 Capteur de pression ..... page 22
4.5 Régulateurs ..... page 22
4.6 Vannes de régulation ..... page 22
4.6.1 Vannes à solénoîde ..... page 22
4.6.2 Vannes Vary-P ..... page 23
4.6.3 Vannes pilotées ..... page 23
4.6.4 Vannes à soufflet ..... page 23
4.7 Calcul du K_v ..... page 24
4.7.1 Pour gaz ..... page 24
4.7.2 Pour liquides ..... page 24
4.8 Pertes de charge maximales ..... page 25
4.9 Procédure d'étalonnage ..... page 26

5 Dépannage

5.1 Généralités ..... page 27
5.2 Aide à la localisation de panne ..... page 27

Appendices

1 Table de conversion des gaz
2 Annexe

1 Introduction

1.1 Description générale

1.1.1 Débit gaz

Les débitmètres massiques pour gaz de Bronkhorst High-Tech B.V. sont des outils précis pour la mesure de débits jusqu'à 700 bars suivant l'exécution, virtuellement indépendants des variations de température et de pression.
L'instrument peut être complété par une vanne de régulation et une électronique de commande pour mesurer et réguler des débits allant de 3 ml_n/min à plusieurs milliers de m^3_n/h suivant le type d'instrument.
Pour une gamme limitée de débit, des instruments à étanchéité métal-métal sont disponibles.

1.1.2 Débit liquide

Les débitmètres massiques pour liquides de Bronkhorst High-Tech B.V. sont des outils précis pour la mesure de débit jusqu'à 400 bars suivant l'exécution, virtuellement indépendants des variations de températures et de pression.
L'instrument peut être complété par une vanne de régulation et une électronique de commande pour mesurer et réguler des débits compris entre 0,25 g/h P.E et 20 kg/h P.E suivant le type d'instrument.

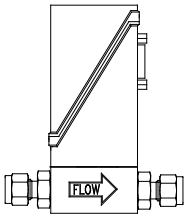
1.1.3 Pression

Les capteurs de pression de Bronkhorst High-Tech B.V. couvrent une gamme de pression comprise entre 100 mbar et 400 bars absolu ou relatif et une plage de pression différentielle de 0 à 15 bars.
La régulation de pression se fait avec une grande précision et répétabilité. Les instruments peuvent réguler une pression amont (série P700) ou une pression aval (série P600).
Le débit circulant dans l'instrument dépend des pressions amont, aval, du diamètre de l'orifice de vanne, de la nature du fluide et du volume à pressuriser.

1.2 Boîtiers

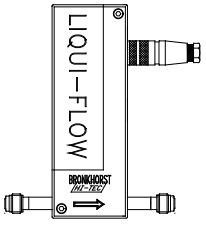
Tous les boîtiers, quelque soit le type d'exécution, sont conformes aux normes relatives à la CEM.

1.2.1 EL-FLOW® , EL-PRESS (Euro-style)



La carte électronique est placée dans un coffret en plastique métallisé. Le raccordement électrique se fait à l'aide d'un connecteur SUB-D 9 broches. Ces instruments sont prévus pour être utilisés en intérieur (sec), comme un laboratoire ou dans un coffret de protection.

1.2.5 Débitmètre et régulateur de débit massique pour liquides

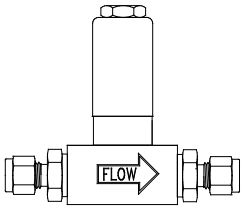


La série LIQUI-FLOW® jusqu'à 1000 g/h, est formée d'un boîtier en aluminium moulé autour du capteur.
Ce modèle a un indice de protection IP65. La connexion électrique se fait par un connecteur mâle rond 8 broches.
Ces instruments peuvent être utilisés dans un environnement industriel ou en extérieur.

1.3 Vannes

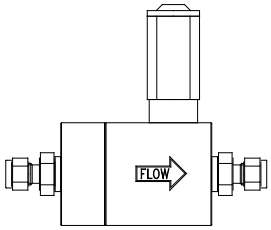
Nous proposons 2 types différents d'exécution. La conception mécanique des 2 modèles reste la même. Les vannes peuvent être utilisées séparément ou intégrées à un débitmètre pour constituer un régulateur. Les 2 versions à solénoïdes sont :

1.3.1 Exécution laboratoire



Le solénoïde de ces vannes est classé IP-50. Ces vannes doivent donc être utilisées dans un local sec.

1.3.2 Exécution industrielle



Le solénoïde de ces vannes est classé IP-65. Elles peuvent donc être utilisées dans un environnement industriel ou en plein air

1.4 Principe de mesure

1.4.1 Capteurs pour débit gaz

Tous les capteurs de débit gaz fonctionnent sur le même principe. Ils mesurent le transfert thermique entre le gaz et la partie chauffée d'un capillaire. Une fraction du débit total passe dans le capillaire de mesure grâce à un élément déprimogène placé sur le débit principal en parallèle du capillaire.
La conception de l'élément déprimogène est telle que le débit dans le capillaire et l'élément déprimogène sont directement proportionnelles. Le ΔT mesuré entre les capteurs de température amont et aval du capillaire dépend de la chaleur absorbée par le gaz.
La fonction de transfert entre le débit massique et le signal de sortie est modélisée par l'équation :

$$V_{signal} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

V_{signal} = signal de sortie
c_p = chaleur spécifique
K = constante
Φ_m = débit massique

Les capteurs de température font partis d'un pont de mesure et son déséquilibre est linéarisé puis amplifié au niveau de signal désiré.

1.4.2 Capteur de débit liquide

- Les débitmètres de la série LIQUI-FLOW, pour des débits jusqu'à 1000 g/h sont constitués d'un tube en acier inoxydable d'un diamètre intérieur de 1 mm, sans aucune restriction. Ce tube est intégré à un boîtier en aluminium moulé. Sa forme en U, avec une jambe montante et la jambe descendante, est une part importante du design de l'instrument.
  L'ensemble capteur/source thermique est placée entre les jambes du tube. Une thermopile mesure la différence de température entre la jambe montante et descendante du tube. La fonction de transfert entre le débit massique et le signal de sortie est modélisée par l'équation :

$$V_{signal} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

V_{signal} = signal de sortie
K = constante
c_p = chaleur spécifique
Φ_m = débit massique

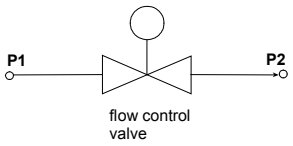
1.4.3 Capteur de pression

Les capteurs de pression de la série EL-PRESS sont des éléments piezorésistifs montés en pont et déposées sur un support silicium. L'ensemble est monté dans une capsule métallique avec de l'huile silicone incompressible. Assurant ainsi une transmission mécanique fidèle au capteur.

1.5 Principes de fonctionnement des vannes :

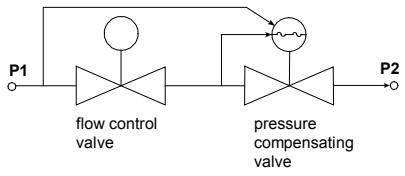
Ces vannes de régulation, malgré leur excellente étanchéité, ne peuvent pas être considérées comme des vannes d'arrêt.
Nous recommandons le montage d'une vanne d'arrêt séparée si l'installation le requiert. Les coups de bélier pendant la mise sous pression doivent être évités. Les différents modèles suivants existent

1.5.1 Vanne à solénoïde



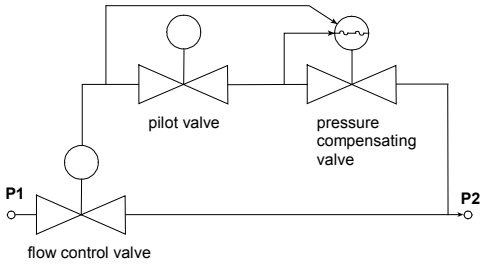
C'est la vanne de contrôle standard (contrôle direct). En général, elle est normalement fermée (NC). Le plongeur est attiré par la force du champ magnétique du solénoïde. L'orifice sous le plongeur est modifiable de façon à optimiser son diamètre. Des vannes à solénoïde normalement ouverte (NO) sont galement disponibles.

1.5.2 Vanne Vary-P



Pour des applications dans lesquelles la différence de pressions amont et aval est importante, un type de vanne spéciale a été conçue, la vanne VARY-P. Cette vanne est composée de deux autres vannes, une vanne de contrôle à solénoïde et une vanne à compensation de pression fixe.

1.5.3 Vanne pilotée



La vanne pilotée a été conçue pour réguler des débits élevés. Le pilote de la vanne contrôle la différence de pression qui maintient le piston en position d'équilibre.

1.5.4 Vanne à soufflets

Cette vanne à commande directe dispose d'un solénoïde de contrôle à faible puissance. Sa conception originale intègre un soufflet en métal qui permet une régulation sur un orifice de fort diamètre. Cette vanne est spécialement conçue pour des applications à faibles pressions.

Bronkhorst High-Tech vous conseille fortement de monter les vannes à soufflet avec son corps cylindrique en position verticale.

1.6 Capteurs et élément déprimogène

Ces éléments sont utilisés pour mesurer un débit de gaz dans un débitmètre ou un régulateur de débit. Il est à noter que ces éléments ne sont pas utilisés dans les débitmètres liquides et capteurs de pression. Selon l'application, les débitmètres disposent d'un capillaire démontable adapté à l'élément déprimogène utilisé. De plus, pour des débits supérieurs à 1250 l_n/mn, l'élément déprimogène est lié au capillaire de façon à compenser la non-linéarité de la fonction de transfert de l'élément déprimogène par un système breveté.

Trois types de capillaires sont disponibles :

- Petit diamètre (type C)
  Les données suivantes s'applique à ce type de capillaire :
  - Il présente une perte de charge d'environ 35 mbar.
  - L'élément déprimogène est constitué d'un empilement de disques sur lesquels des sillons sont usinés avec une grande précision. Chacun de ces sillons, soumis à une ΔP de 35 mb, laisse passer 10 ml_n/mn.
  - Dans la série COMBI-FLOW ainsi que tous les instruments travaillant à plus de 100 bars (type M), le capteur est équipé de joints métal.
    En général, pour toutes les applications à basses pressions, le capteur est insensible à la position de montage. A hautes pressions (>10 bars), les instruments doivent être montés en position horizontale (COMBI-FLOW verticale).

- Diamètre large (type D)
  Les données suivantes s'applique à ce type de capillaire :
  - Il est utilisé de préférence pour des applications avec des gaz réactifs (corrosifs) ou à faibles pressions.
  - Il présente une perte de charge de 0,5 mbar.
  - L'élément déprimogène est constitué d'un cylindre dont le diamètre (orifice calibré) détermine le débit.
  - L'instrument doit toujours être monté en position horizontale.

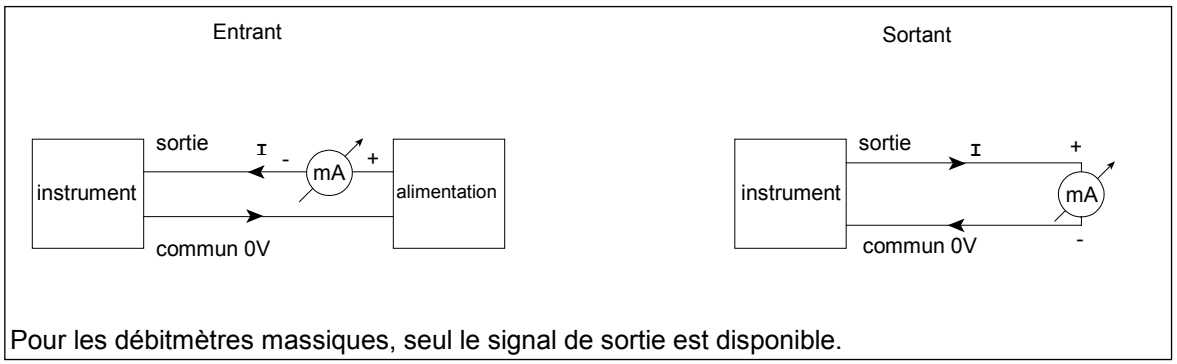
- Capillaire moyen (type E)
  Ce capteur est utilisé sur la série EL-FLOW afin d'augmenter la gamme de débit de la série ''faible perte de charge''. Pour ce capteur les mêmes remarques que sur le type D doivent s'appliquer.
  - La perte de charge est d'environ 2.5mbar

1.7 Electronique

Chaque coffret est conçu pour protéger l'électronique des IRF et IEM.
Les cartes électroniques conçues par Bronkhorst High-Tech B.V. sont réalisées avec des composants montés en surface (CMS).
Chaque carte électronique est configurée selon l'une des configurations de sortie suivantes (avec les entrées correspondantes) :

Code du signal	**Signal de sortie capteur**	**Signal d'entrée consigne**
A	0…5 Vcc	0…5 Vcc
B	0…10 Vcc	0…10 Vcc
F	0…20 mA (sortant)	0…20 mA (sortant)
G	4…20 mA (sortant)	4…20 mA (sortant)
K	0…5 Vcc (câble compensation)	n/a Seulement pour débitmètres
L	0…10 Vcc (câble compensation)	n/a Seulement pour débitmètres

Signal de sortie eu courant



Pour les débitmètres massiques, seul le signal de sortie est disponible.

N.B : disposition des signaux de sortie en courant.
Sinking : rentrant, Sourcing : sortant

1.8 Coefficients de conversion

1.8.1 coefficients de conversion pour gaz

On calcule le rapport entre le signal de sortie et le débit massique à l'aide de la formule suivante :

$$V_{signal} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m = K \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Phi_v$$

V_{signal} = signal de sortie
K = constante
ρ = masse volumique du gaz
c_p = chaleur spécifique
Φ_m = débit massique
Φ_v = débit volumique

Dès que la valeur de la chaleur spécifique (c_p) ou la masse volumique du gaz change, le signal est modifié. Il convient donc de corriger la valeur du débit massique par le coefficient suivant :

$$C = \frac{c_{p_1} \cdot \rho_1}{c_{p_2} \cdot \rho_2}$$

c_p = chaleur spécifique
ρ_n = masse volumique aux conditions normales

(1) conditions d'étalonnage précédentes
(2) conditions d'étalonnage nouvelles

Note:
La valeur de la chaleur spécifique c_p pour le calcul du facteur de conversion doit être prise à une température de 50°C plus haute que la température requise.
Ce facteur est appelé $c_{p\text{-}cal}$.

Exemple:
Le débitmètre a été étalonné sur azote (N_2) à 200 ml_n/mn.
Le nouveau gaz est du CO_2.
La mesure indique 80% de la pleine échelle.

Le débit réel du CO_2, compte tenu du facteur de conversion entre CO_2 et N_2 est :

$$80 \cdot \frac{0.74}{1.00} = 59.2\%$$

En tenant compte du débit original :

$$\frac{59.2}{100} \cdot 200 = 118.4 \text{ ml}_n\text{/mn}$$

L'indice n veut dire dans les conditions normales, c'est à dire que les volumes sont ramenés à la température de 0°C sous une pression d'un atmosphère soit 1013,25 mbar (760 Torr).

Note:
Pour garantir la meilleure précision, il faut toujours réétalonner le débitmètre dans les conditions réelles de service. Cependant, si l'on n'a pas à sa disposition les appareils étalons nécessaires, l'utilisation des facteurs de conversion théoriques permet de déterminer les nouvelles conditions de débit de manière acceptable, bien que cette méthode soit moins précise.

L'erreur générée par les facteurs de conversion peut être estimée à :

Si facteur de conversion	>1	**2% x facteur de conversion**
Si facteur de conversion	<1	**2% / facteur de conversion**

Naturellement, la précision du facteur de conversion dépend de la viscosité, de la pression et de la température des gaz. Il faut être particulièrement vigilant pour la mesure de gaz à la limite de leur tension de vapeur. Cet état est instable. La chaleur spécifique, la masse volumique et la viscosité peuvent varier considérablement. Il est recommandé de poser le problème à notre Bureau d'Etudes.

Dans le cas de mélanges gazeux, on peut obtenir de bons résultats en appliquant la formule suivante :

$$\frac{1}{C_{mix}} = \frac{V_1}{C_1} + \frac{V_2}{C_2} + ... \frac{V_n}{C_n}$$

C_{mix} = facteur de conversion du mélange
C_n = facteur de conversion de chaque gaz
V_n = volume propre à chaque gaz dans le mélange en %

Exemple :

(1) 10% N_2	C1 = 1,00
(2) 30% Ar	C2 = 1,40
(3) 50% CH_4	C3 = 0,76
(4) 10% He	C4 = 1,41

$$\frac{1}{C_{mix}} = \frac{0{,}10}{1{,}00} + \frac{0{,}30}{1{,}40} + \frac{0{,}50}{0{,}76} + \frac{0{,}10}{1{,}41} = 1{,}043$$

C_{mix} = 0,959

Si le débitmètre a été à l'origine étalonné pour 500 ml_n/mn de N_2 à 100% de son échelle, lorsqu'on mesure le mélange indiqué ci-dessus, on obtiendra pour 100% de l'échelle, un débit massique de :

$$500 \cdot \frac{0{,}959}{1{,}00} = 480 \text{ } ml_n/mn$$

Si le même débitmètre avait été étalonné dans les mêmes conditions, mais sur Argon (Ar), on obtiendrait :

$$500 \cdot \frac{0{,}959}{1{,}40} = 343 \text{ } ml_n/mn$$

1.8.2 Coefficients de conversion pour liquides

La relation entre le débit massique et le signal de sortie nous est donné par la relation suivante :

$$V_{signal} = k \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

V_{signal} = signal de sortie
k = constante
c_p = chaleur spécifique du fluide à pression constante
Φ_m = débit massique

Si le débitmètre massique pour liquides est utilisé avec un liquide différent de celui utilisé lors de son étalonnage, un facteur de conversion est nécessaire

Il convient de corriger la valeur du débit massique lue pour la formule :

$$\Phi_{m_2} = Cf \cdot \Phi_{m_1} \qquad Cf = \frac{c_{p1}}{c_{p2}}$$

c_{p1} = chaleur spécifique du liquide aux conditions d'étalonnage
c_{p2} = chaleur spécifique du liquide utilisé

Pour des applications particulières, consulter Bronkhorst High-Tech B.V.

1.8.3 Logiciel pour le calcul des coefficients de conversion

Bronkhorst High-Tech B.V. réuni les propriétés physiques de plus 600 fluides dans une base de données appelée FLUIDAT®.
Le logiciel d'applications, tel que FLUIDAT® on the Net (FOTN), permet à l'utilisateur de calculer avec précision les facteurs de conversion, pas seulement à 20°C/1 atm (comme présenté dans la table de conversion, annexe 1) mais à n'importe quelle combinaison température/pression)

Contacter votre revendeur pour plus d'informations sur ce logiciel.

2 Installation

2.1 Réception des instruments

Vérifier si l'emballage externe n'a pas eu de dommages pendant le transport. Si c'était le cas, le transporteur local devrait être immédiatement avisé. Il faut en même temps envoyer un rapport à :

BRONKHORST HIGH-TECH B.V.
RUURLO HOLLAND

ou votre distributeur local.
Retirer l'enveloppe contenant le bon de livraison. Oter soigneusement le matériel de la boîte. Faire attention de ne pas jeter les petites pièces avec l'emballage. Inspecter le bon état des pièces et le compter par rapport au bon de livraison.

2.2 Retour des instruments

En cas de retour, joindre au colis un courrier indiquant les raisons et l'intervention qui est demandée. Préciser le nom de la personne à contacter pour approbation du devis des réparations.

Il est absolument nécessaire de prévenir de manière visible (étiquettes, autocollants) si le débitmètre a été utilisé sur produits toxiques ou dangereux.

Ces précautions élémentaires sont nécessaire pour éviter tout accident aux techniciens de maintenance. Emballer le matériel avec soin. Si possible, reprendre le carton d'origine. Mettre le matériel dans une pochette de protection en plastique.

Les appareils contaminés doivent nous être retournés avec le formulaire "Déclaration de Contamination complété".
Tout appareil contaminé qui nous serait retourné sans le formulaire ne sera pas accepté par notre Service Technique.

Note :
Tout appareil ayant fonctionné sur produits toxiques doit être préalablement nettoyé avant expédition.

Important :
Si les instruments devaient être retournés directement à notre usine aux Pays-Bas, veuillez noter clairement sur l'emballage le code de Bronkhorst High-Tech B.V. pour le dédouanement de marchandises. A savoir :

NL 801989978B01

Ou contacter votre distributeur pour des accords locales

2.3 Maintenance

Une mauvaise utilisation des équipements peut entraîner des dommages corporels aux utilisateurs et la détérioration des appareils. Il est donc fondamental qu'ils soient utilisés par des personnels compétents et formés.
Bronkhorst High-Tech B.V. tiennent à la disposition de leur clientèle une équipe de techniciens capables d'assurer les mises en service.

2.4 Montage

La position de montage du débitmètre dépend du type de l'instrument. De préférence, il faut le monter horizontalement et systématiquement en cas d'utilisation à pression élevée (sauf COMBI-FLOW qui doit être monté verticalement).
Eviter de le placer près d'une machine vibrante ou d'une source de chaleur.

2.5 Filtre en ligne

Bien qu'en principe les gaz et les canalisations soient toujours propres, sans poussières, ni huile, ni humidité, ni copeaux métalliques, il est toujours recommandé de placer en amont de chaque appareil, un filtre d'au moins 5 microns. Si l'installation est telle qu'il y ait un risque de retour, il faut également prévoir un filtre et un clapet anti retour en aval du débitmètre.

Note :
Chaque débitmètre comporte une crépine qui est destinée à protéger l'intérieur de l'instrument et également à maintenir la forme régulière à l'écoulement. Cette crépine ne peut en aucun cas être considérée comme un filtre.
Pour de plus amples renseignements, contactez votre distributeur.

2.6 Raccords fluide

Les débitmètres massiques Bronkhorst High-Tech B.V. sont équipés en standard de connexions doubles bagues ou VCR. Sur certains instruments, ces raccords peuvent être soudés orbitalement au corps de l'appareil. Pour être sûr de l'étanchéité en cas d'utilisation de raccords doubles bagues, vérifier que le tube est bien enfoncé dans le logement du raccord, et qu'il est parfaitement propre, ainsi que la bague de serrage et l'olive. Serrer à la main l'écrou en soutenant le corps du débitmètre et en le poussant fortement dans l'axe du tube. Ensuite, à l'aide d'une clé, serrer l'écrou d'un tour. Cela est généralement suffisant.
Il est possible de monter d'autres types de raccords sur demande. Lors du serrage des raccords, ne pas appliquer une force excessive afin d'éviter des dommages au filtrage d'entrée / sortie ou sur toutes autres parties sensibles de votre instrument.

Note :
Assurer vous toujours que votre système soit sans fuite avant d'appliquer la pression

2.7 Tuyaux

AVANT TOUT, VERIFIER QUE LES TUBES ET RACCORDS SOIENT PROPRES !
NE PAS utiliser de petits tubes pour de gros débits. La turbulence causée par cette restriction affecterait la qualité de la mesure.
NE PAS placer de coudes à l'entrée et à la sortie du débitmètre, particulièrement dans le cas de débits élevés.
Nous recommandons de placer les premiers coudes à une distance égale à plus de dix fois le diamètre de la canalisation.
NE PAS placer de régulateur de pression (détendeur) à l'entrée du débitmètre. Respecter une distance minimale de plusieurs mètres. (au minimum 25D)
Il faut prendre des précautions particulières dans le cas des débits élevés. Des capacités tampons doivent être placées de part et d'autre des débitmètres. On peut en calculer le volume minimal par la formule suivante :

$$V \geq \frac{0{,}15\ d^2}{\sqrt{\rho}}$$

V = volume en litres
d = diamètre de passage en mm
ρ = masse volumique du gaz aux conditions normales
$d = 7{,}6\ \sqrt{k_v}$

Exemple:
Pour un régulateur de débit de 500 l_n/mn Air, avec un diamètre de passage de 4 mm, une capacité tampon minimale de 2,1 litres est nécessaire pour avoir une régulation stable. Voici les détails des calculs :
$V \geq 0{,}15 \cdot 4^2 : \sqrt{1{,}29} = 2{,}1$ litres

La capacité du détendeur doit être au moins égal au double de la capacité du régulateur de débit. Soit, dans le cas mentionné ci-dessus :
2 . 500 = 1000 l_n/mn.

2.8 Connexions électriques

Nous recommandons l'utilisation de nos câbles standards qui ont été testés avec l'appareil. Ces câbles comportent le bon connecteur, l'extrémité des fils est repérée afin d'éviter les erreurs de branchement et ils garantissent la conformité aux normes C.E.
Les schémas de branchement se trouvent à la fin du manuel.

2.9 Test de pression

Chaque instrument est testé à 1,5 fois sa pression de service indiquée sur la spécification du client, avec un minimum de 8 bars.
Pour les transmetteurs et régulateurs de pression, le test de pression dépend de la gamme de pression du capteur

En général : 2 x la valeur pleine échelle (P.E.) pour les gammes de 1 à 2 bars
1,5 x la valeur pleine échelle (P.E.) pour les gammes jusqu'à 200 bars
1.25 x la valeur pleine échelle (P.E.) pour les gammes jusqu'à 400 bars

La pression d'essai est indiquée sur le corps des appareils sur une étiquette autocollante rouge. Toujours vérifier la pression indiquée avant la mise en place de l'instrument. S'il **n**'y a **pas** d'étiquette, ou si la valeur **n**'est **pas** en accord avec celle de la spécification, ne pas monter l'appareil. Appeler l'usine ou retourner l'appareil pour lui faire repasser les tests en pression. Chaque appareil est également testé à l'hélium à $2 \cdot 10^{-9}$ mbar l/s.

2.10 Mise sous pression

Ne jamais mettre sous pression l'installation avant de l'avoir mise sous tension. La mise sous pression doit être progressive. Eviter les à-coups, particulièrement dans le cas des ensembles haute pression où des vannes VARY-P sont utilisées.

2.11 Purge du système

Lorsqu'on utilise des gaz explosifs, il faut purger l'installation avec un gaz inerte tel que l'azote (N2) ou l'argon (Ar). Le balayage doit durer au moins une demi-heure.
Pour des gaz corrosifs ou fortement réactifs, une purge avec un gaz inerte est également nécessaire si la tuyauterie a été en contact avec de l'air. Une corrosion et un bouchage de l'installation pourrait être générés par l'air et l'humidité qu'il contient.

2.12 Joints

Bronkhorst High-Tech B.V. a rassemblé dans un tableau les informations relatives à la comptabilité des matériaux entre les joints et les gaz.
Bien entendu, ce n'est qu'un guide général. Les conditions de service peuvent modifier de manière importante les recommandations de ce guide. En conséquence, l'application des recommandations ne peut engager la responsabilité de Bronkhorst High-Tech B.V. en cas de détérioration. Les appareils sont construits sur la base des spécifications des clients.
Il faut donc que ce dernier vérifie si les matériaux proposés tels que les joints toriques, clapets et garnitures du tube capillaire sont bien compatibles avec le milieu en contact.

2.13 Stockage des instruments

Les instruments doivent être stockés dans leur emballage d'origine dans une armoire ou un endroit protégé. Il faut prendre garde à ne pas exposer les équipements à une ambiance trop chaude ou trop humide.

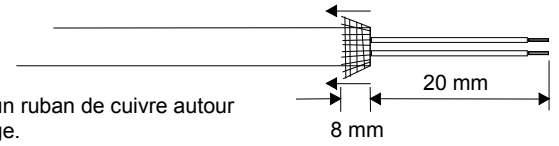
2.14 Compatibilité électromagnétique

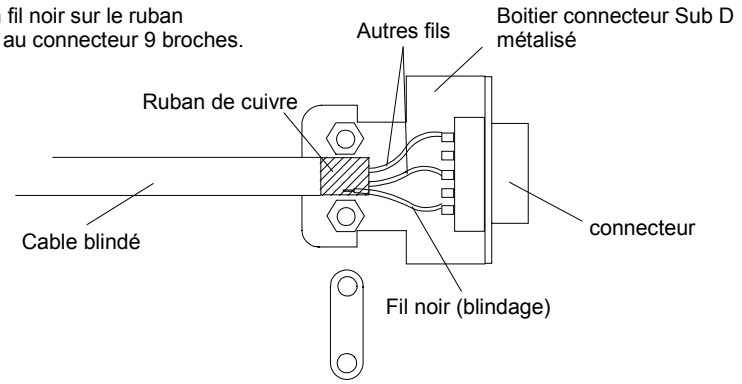
2.14.1 Conditions à remplir pour conformité aux règles C.E.

Tous les instruments décrits dans ce manuel portent le label CE.
Ainsi, ils sont conformes aux exigences CEM, cependant et conformément aux recommandations CEM, les instruments doivent être utilisés avec leurs propres câbles et connecteurs.
Pour de meilleurs résultats, Bronkhorst High-Tech B.V. peut vous fournir des câbles standards. Sinon, suivez les instructions suivantes :

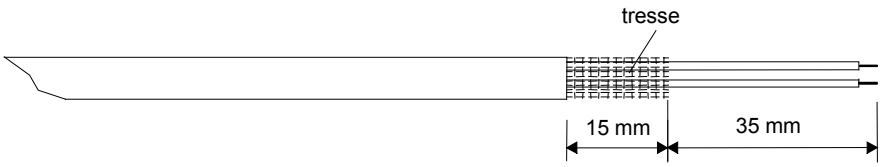
1. Connectique du connecteur Sub-D

Replier la tresse par dessus le câble (le blindage doit être autour du câble).

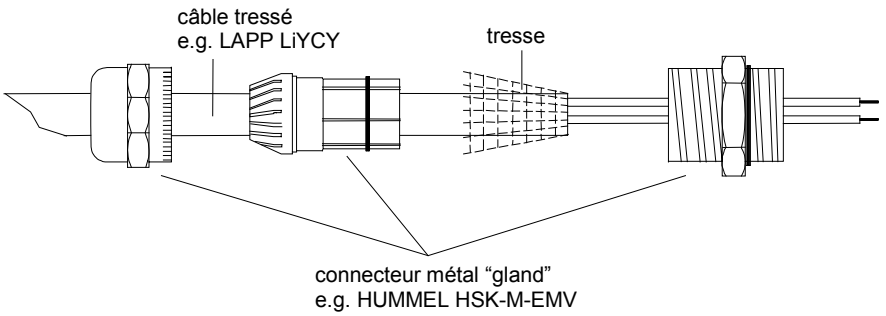



Souder un fil noir sur le ruban et le relier au connecteur 9 broches.
Autres fils
Boitier connecteur Sub D métalisé
Ruban de cuivre
Cable blindé
connecteur
Fil noir (blindage)

2. Câble assemblé “gland”



Replier la tresse par dessus le câble (la tresse doit être autour du câble).

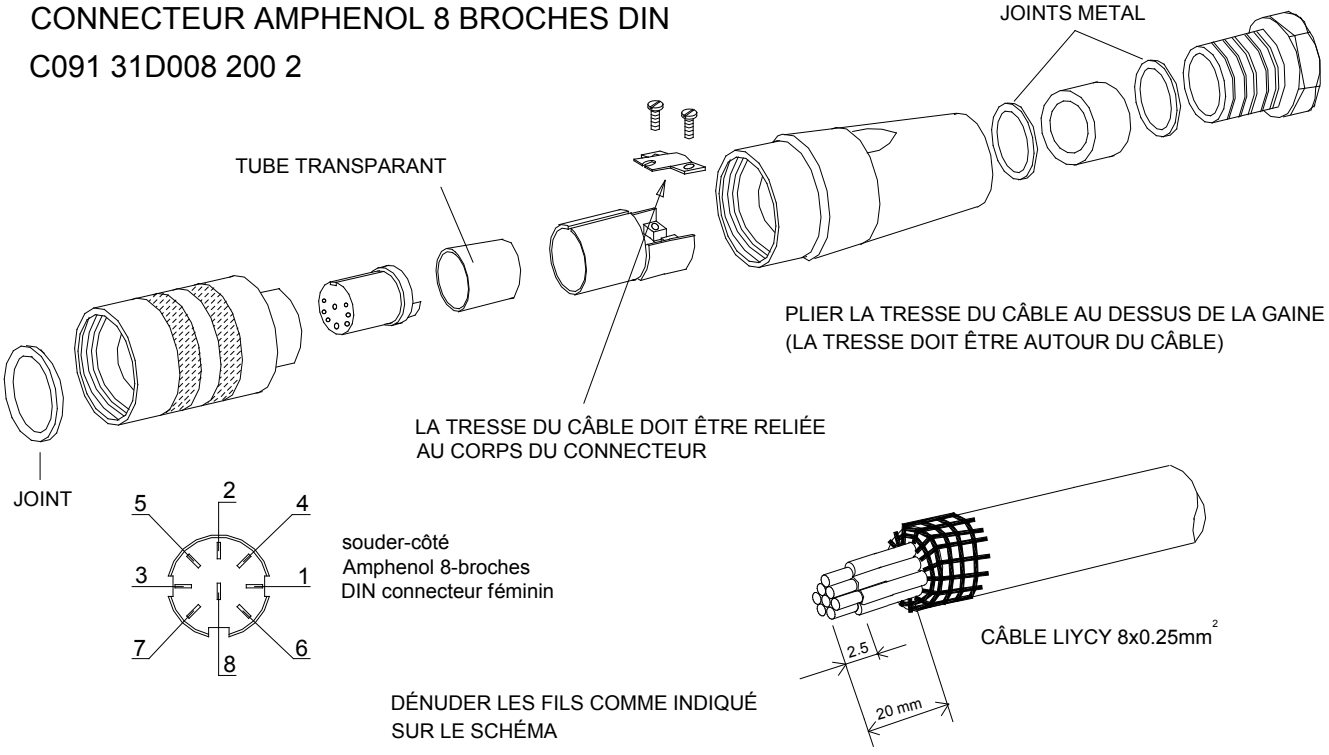


Monter le connecteur métal “gland” comme décrit sur ce schéma

3. Connecteur LIQUI-FLOW®

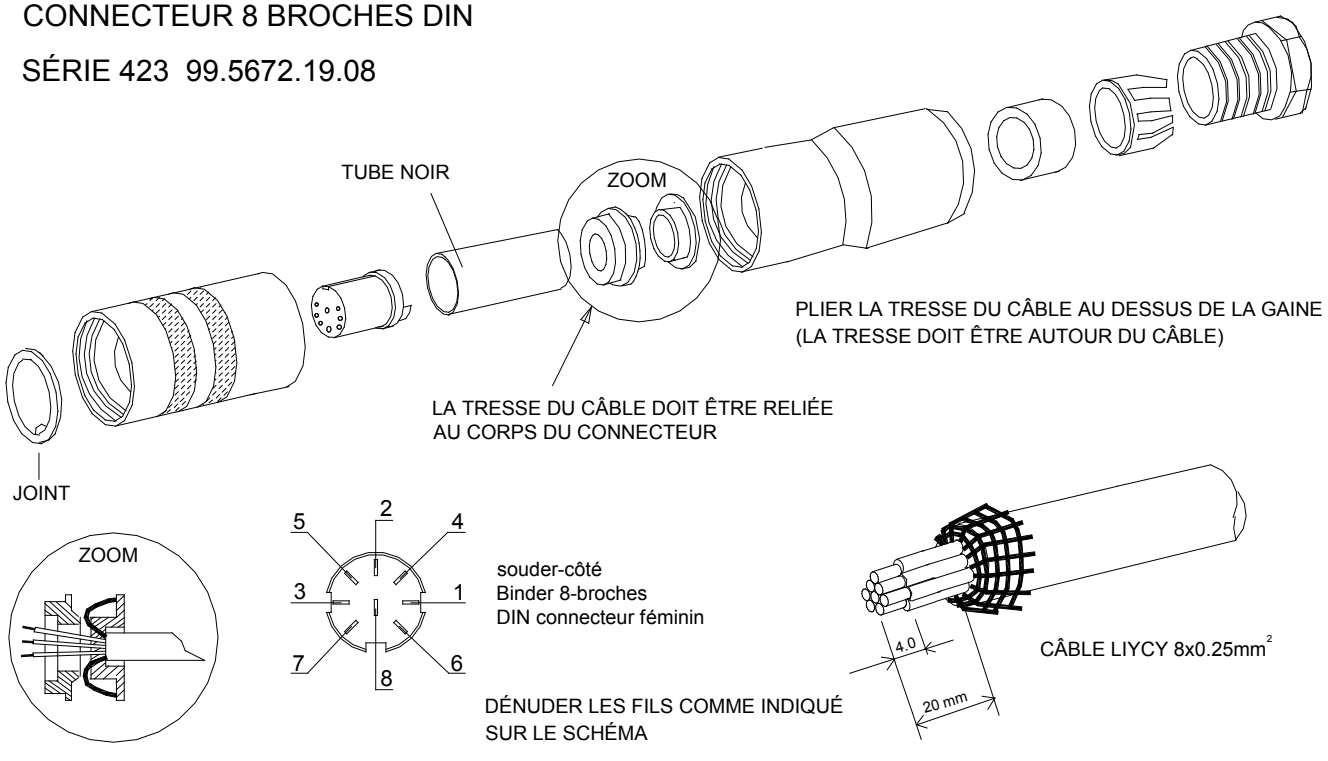
CONNECTEUR AMPHENOL 8 BROCHES DIN

C091 31D008 200 2



CONNECTEUR 8 BROCHES DIN

SÉRIE 423 99.5672.19.08



Note:
Lorsque vous connectez les instruments aux systèmes ou à l'automate programmable (PLC), assurez-vous que le blindage du câble ne soit pas détérioré. Ne jamais utiliser de câbles non blindés.

3 Utilisation

3.1 Généralités

Les instruments Bronkhorst High-Tech sont conçus de façon à satisfaire au mieux les exigences de l'utilisateur.
Les instruments doivent être alimentés par une tension continue. Si vous souhaitez utiliser votre propre alimentation, assurez-vous que la tension et le courant disponibles sont conformes aux spécifications. La section des câbles doit être suffisante afin de limiter les chutes de tension au minimum.
En cas de doute, nous consulter.
Les diamètres des câbles doivent être suffisants pour supporter le courant électrique et les chutes de tension doivent être les plus faibles possibles.

3.2 Alimentation et préchauffage

Avant la mise sous tension, s'assurer que le câblage est bien conforme au schéma de raccordement indiqué en annexe.
Il est recommandé d'alimenter l'instrument avant de le mettre sous pression et de couper l'alimentation après le retour à la pression atmosphérique.
Vérifier les connexions du circuit fluide. S'assurer qu'il n'y a pas de fuite et purger le circuit avec un gaz neutre, propre et compatible avec le gaz à mettre en œuvre. Pour les liquides, la purge peut être effectuée indifféremment par un gaz ou un liquide.
Mettre sous tension et laisser pendant 30 minutes les circuits électroniques se stabiliser en température. Pendant cette période de chauffe, l'appareil peut être ou ne pas être sous pression.

3.3 Mise à zéro

Lors de l'étalonnage de l'instrument à l'usine, le zéro de l'instrument est ajusté. En cas de légère dérive, ce zéro peut être réajusté. Attendre la stabilité thermique de l'instrument, s'assurer qu'aucun fluide ne passe dans l'instrument. L'idéal est de déconnecter l'instrument de la canalisation. Le zéro doit être ajusté à 0,2% de la pleine échelle. Une dérive négative de l'électronique sera évitée grâce au potentiomètre marqué ''L'' qui décale le zéro vers les valeurs positives puis le redescend doucement jusqu'à 0,2%.
Pour être sûr qu'il n'y a pas d'incidence sur le niveau du débit ou de la pression autre que zéro, un ajustement est fait quand l'instrument est déconnecté du système.

3.4 Démarrage

Après s'être assuré que tout le circuit de gaz est bien propre et que le filtre est bien en place, ouvrir doucement l'alimentation du fluide. Eviter les à-coups brutaux de pression, monter graduellement en pression jusqu'à atteindre la pression normale de fonctionnement. Pour réguler un débit liquide, toutes les bulles d'air doivent être éliminées du circuit fluide. Un dispositif de purge placé sur la partie supérieure de la vanne de régulation est prévu à cet usage.

3.5 Conditions d'utilisation

Chaque débitmètre a été étalonné et réglé individuellement aux conditions d'utilisation du client. Les conditions d'utilisation ne doivent pas être trop éloignées de celles indiquées dans la spécification, sinon il peut en résulter un mauvais fonctionnement du régulateur dont le diamètre de l'orifice de la vanne peut ne plus être adapté.
La précision de la mesure de débit peut être également sensiblement affectée par un changement des conditions d'utilisation si les propriétés physiques du fluide (chaleur spécifique, viscosité…) sont également modifiées.

3.6 Performance de l'instrument

3.6.1 Mesure

La constante de temps d'un débitmètre est définie comme suit :
La constante de temps est le temps nécessaire pour que le signal de sortie atteigne 63,2% de la valeur finale après un changement de débit. Le signal à 100% est atteint au bout de 5 constantes de temps.
Les débitmètres massiques ont des constantes de temps de 5 à 10 secondes que l'on peut, grâce à l'électronique, réduire de 1 à 3 secondes. Le réglage fait en usine est effectué sur la base de 3 secondes.

Nous ne recommandons pas de régler les appareils sur une constante de temps trop courte, car le signal réagit trop vite à chaque changement de débit, il en résulte une certaine instabilité du signal qui perturbe une bonne régulation.
Pour les débitmètres liquides le temps de réponse dépend de la gamme et du débit. Les capteurs de pression ont un temps de réponse de quelques millisecondes, cependant le temps de réponse des régulateurs de pression est déterminé par le système entier dont le capteur fait partie.

3.6.2 Régulation

La réponse dynamique du régulateur est réglé en usine. La réponse dynamique est le temps nécessaire au régulateur pour atteindre et maintenir la consigne à $\pm$ 2%. Le mode de régulation est déterminé en usine de façon que le régulateur soit opérationnel dans des conditions extrêmes d'utilisation.

Note:
Pour les régulateurs de pression, la réponse dynamique de la boucle de régulation est largement déterminée par le système.
La configuration du système est stimulée pour ajuster le régulateur. Dans certain cas, un réajustement sur site peut s'avérer nécessaire afin d'optimiser le comportement du régulateur.

4 Maintenance

4.1 Généralités

Les débitmètres et régulateurs ne nécessitent aucune maintenance de routine. Les instruments peuvent être balayés par un gaz inerte, propre et sec. En cas de contamination, le nettoyage de l'élément déprimogène et de l'orifice de vanne doit être effectué séparément.

Note :
Avant de choisir le solvant, vérifier qu'il est compatible avec les matériaux de l'installation, particulièrement les joints.

4.2 Capteur pour mesure de débit gaz

Ce capteur est construit de sorte que si l'on désire changer de gamme de débit, il suffit de changer l'élément déprimogène qui est démontable.
Il n'est pas recommandé aux utilisateurs de démonter les capteurs de débit, sauf pour vérifier, nettoyer ou changer les éléments déprimogènes. Après remise en place de l'élément déprimogène, il faut réétalonner le débitmètre.
Suivant les modèles, il est possible de fournir des éléments déprimogènes.

4.3 Capteur pour mesure de débit liquide

La gamme du débit du débitmètre liquide ne peut pas être modifié par l'utilisateur. Le capteur fait intégralement partie de l'instrument et ne peut pas être démonté. Pour un nettoyage occasionnel de l'instrument, il est conseillé d'utiliser un gaz inerte et propre tel que l'azote (N_2).

4.4 Capteur de pression

Il n'est pas recommandé à l'utilisateur de désassembler le capteur de pression, ceci en raison de la fine membrane qui est très sensible.

4.5 Régulateurs

Toutes sortes de capteurs peuvent être montés avec une vanne de régulation, de manière conjointe en boucle de régulation. Les régulateurs peuvent être fournis séparément ou intégralement montés avec le capteur.
La maintenance de tels systèmes est décrite dans le chapitre vannes de régulation.

4.6 Vannes de régulation

Les vannes de régulation ne peuvent pas servir de vanne de sectionnement ou d'arrêt. De même, pendant la phase de pressurisation, éviter les à-coups.

4.6.1 Vannes à solénoïde

Les vannes à solénoïde sont les vannes directes et le pilote des vannes. Elles peuvent être démontées sur place par l'utilisateur qui veut les nettoyer ou les entretenir. Les pièces peuvent être nettoyées à l'aide de solvant ou mieux aux ultrasons.
Pour démonter la vanne, procéder comme suit :

a) débrancher le connecteur du débitmètre. Ce n'est pas nécessaire si la vanne est indépendante.
b) dévisser l'écrou hexagonal placé au sommet de la vanne
c) retirer le capot qui protège la bobine
d) dévisser la bride
e) soulever avec précaution l'ensemble de la vanne de son embase
f) dévisser la vis de blocage du siège. En conséquence, le siège et son support sont libérés
g) retirer l'ensemble du clapet.

Nettoyer les différentes pièces et les remettre avec précaution en place. Il est recommandé de changer les joints toriques à chaque opération de remontage.
Une fois remontée, la vanne doit être contrôlée pour vérifier ses caractéristiques. On peut procéder à cette opération en utilisant une alimentation de + 15 volt.

Procéder de la manière suivante :
- déconnecter les fils de la vanne et les brancher sur l'alimentation
- mettre le circuit de gaz sous pression aux conditions normales de service
- alimenter la bobine en augmentant progressivement la tension
- la vanne doit s'ouvrir à 7 Vcc $\pm$ 3 Vcc
- l'ouverture totale s'effectue lorsque la tension atteint 9 Vcc $\pm$ 1.5 Vcc.

Au cas où la vanne ne fonctionnerait pas, démonter, vérifier que le siège est bien en place, remonter et répéter la procédure.

4.6.2 Vannes Vary-P

Les vannes hautes pressions Vary-P sont conçues pour répondre aux conditions de service où les pressions varient considérablement tant en amont qu'en aval et même des deux côtés en même temps.
Le pilote de la vanne est une vanne à solénoïde. Cette vanne est protégée par un brevet. Pour une intervention autre que sur le pilote, contacter notre service technique.

4.6.3 Vannes pilotées

Ce sont des vannes à contrôle indirecte. Elles sont constituées d'un pilote, d'un piston et d'un solénoîde permettant l'ouverture du pilote. Ces éléments sont intégrés dans un bloc. Pour toute intervention autre que sur le pilote, contacter notre service technique.

Note:
Lorsque la vanne pilotée est testée sous pression, il est nécessaire de suivre une procédure spéciale afin de prévenir tout dommage à la vanne. Dans de tels cas, il est nécessaire de contacter l'usine en priorité.

4.6.4 Vannes à soufflet

Ces vannes sont utilisées sur les applications à faibles perte de charge ou à basse pression. Elles ne doivent pas être démontées par l'utilisateur.

4.7 Calcul du K_v

Cette méthode de calcul peut être utilisé pour déterminer la valeur du K_v de l'orifice principale de la vanne.

4.7.1 Pour gaz

Définir la perte de charge Δp désirée au travers de la vanne.
Ce Δp doit être au moins égal à 20% de la pression d'alimentation ou bien, dans une boucle fermée, de la pression différentielle totale dans cette boucle.
Si le Δp est situé entre 20 et 50% de la pression d'alimentation, utiliser la formule suivante :

$$K_v = \frac{\Phi_{vn}}{514}\sqrt{\frac{\rho_n \cdot T}{\Delta p \cdot p_2}}$$ pour les écoulements sous critiques

Si le ΔP se situe entre 50 et 100% de la pression d'alimentation, utiliser la formule suivante :

$$K_v = \frac{\Phi_{vn}}{257 \cdot p_1}\sqrt{\rho_n \cdot T}$$ pour les écoulements sur critiques

Où les unités sont exprimées en :
Φ_{vn} = débit [m_n^3/h]
p_1 = pression d'alimentation [barsa]
p_2 = pression aval [barsa]
Δp = pression différentielle (p_1 - p_2) [barsd]
T = température [K]
ρ_n = masse volumique [kg/m_n^3]

Le diamètre de la vanne peut être déterminé par la formule suivante :

$$d = 7.6\sqrt{K_v}\ [mm]$$

4.7.2 Pour liquides

$$K_v = \Phi_v\sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \cdot 1000}}$$ *

Où les unités sont exprimées en :

Φ_v = débit du liquide [m^3/h]
ρ = masse volumique à 20°C et 1 atm [kg/m^3]
Δp = delta p [barsd]

Le diamètre de l'orifice peut être déterminé comme suit

$$d = 7.6\sqrt{K_v}\ [mm]$$

Sur les régulateurs de débit liquide, un seul type de vanne normalement ouverte est disponible.
Le diamètre de l'orifice de vanne peut être calculé ou consulté sur le tableau suivant :

Diamètre [mm]	K_v	Vanne normalement fermée Δp max. [bars d.]
0,10	$1{,}73 \times 10^{-4}$	10
0,14	$3{,}39 \times 10^{-4}$	10
0,20	$6{,}93 \times 10^{-4}$	10
0,30	$1{,}56 \times 10^{-3}$	10
0,37	$2{,}37 \times 10^{-3}$	10
0,50	$4{,}33 \times 10^{-3}$	10
0,70	$8{,}48 \times 10^{-3}$	10
1,00	$1{,}73 \times 10^{-2}$	10

* Pour les liquides dont la viscosité dynamique se situe entre : 15 cP < μ < 100 cP, la valeur du K_v doit être calculée comme suit :

$$K_v = \Phi_v \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \cdot 1000}} \cdot \sqrt{\mu}$$

Où les unités sont exprimées en :

Φ_v = débit du liquide [m^3/h]
ρ = masse volumique à 20°C et 1 atm. [kg/m^3]
Δp = delta p [barsd]
μ = viscosité dynamique en centipoise [cP]

Pour des viscosités maximales, contactez Bronkhorst High-Tech B.V.

4.8 Pertes de charge maximales

Pour des vannes à solénoïde pilotées avec de faibles orifices, la perte de charge maximale tolérée pour les gaz est indiquée dans le tableau :

Diamètre [mm]	K_v	Vanne normalement fermée Δp max. [bars d]	Vanne normalement ouverte Δp max. [bars d]
0,05	$4{,}33 \times 10^{-5}$	40	30
0,07	$8{,}48 \times 10^{-5}$	30	20
0,10	$1{,}73 \times 10^{-4}$	30	20
0,14	$3{,}39 \times 10^{-4}$	30	20
0,20	$6{,}93 \times 10^{-4}$	30	20
0,30	$1{,}56 \times 10^{-3}$	30	20
0,37	$2{,}37 \times 10^{-3}$	30	20
0,50	$4{,}33 \times 10^{-3}$	30	20
0,70	$8{,}48 \times 10^{-3}$	24	15
1,00	$1{,}73 \times 10^{-2}$	12	8
1,30	$2{,}93 \times 10^{-2}$	8	5
1,50	$3{,}90 \times 10^{-2}$	6	n.d.
1,70	$5{,}00 \times 10^{-2}$	5	n.d.
2,00	$6{,}63 \times 10^{-2}$	3,6	n.d.

Pour les vannes pilotées, la pression différentielle maximale est limitée à 20 bars. Si au démarrage, la ΔP est supérieure à 20 bars, il est recommandé d'installer une vanne en by pass. Pendant le démarrage, cette vanne doit être ouverte, aussi la chute de pression minimale est limitée.
Pour obtenir des informations complémentaires, vous pouvez contacter notre service technique.

4.9 Procédure d'étalonnage

Tous les instruments sont étalonnés et ajustés par nos soins avant la livraison. La procédure suivante peut être utilisée si l'on change les gammes de débit ou pour vérifier un étalonnage.

L'étalonnage des régulateurs de débits massiques et les régulateurs de pression demande l'utilisation d'un multimètre digital (volt-ampèremètre) précis ainsi qu'un appareil étalon précis.

Procédure de réglage pour les capteurs :

a) Alimenter l'appareil et attendre environ une demi-heure pour qu'il chauffe et se stabilise.
b) Alimenter en gaz et vérifier que l'ensemble fonctionne.
c) Démonter la partie supérieure du capot pendant le temps du réglage.
d) Brancher le voltmètre digital sur le signal de sortie.
e) Débrancher l'alimentation en gaz. Ajuster le potentiomètre "L" jusqu'à ce que pour un débit nul (0%) le signal de sortie indique 0,010 volts cc.
   Pour un capteur de pression absolu, appliquer le vide pendant la procédure.
f) Ajuster le potentiomètre "H" jusqu'à ce que pour un débit de 100% le signal de sortie indique 5,000 Vcc.
g) Ajuster le potentiomètre "M" jusqu'à ce que pour un débit de 50% le signal de sortie indique 2,500 Vcc (ne concerne pas les régulateurs de pression).
h) Répéter les opérations e) à g), jusqu'à ce que les écarts entre les valeurs de réglage et celles que l'on désire obtenir soient inférieure à la précision souhaitée.

Notes:

Lorsqu'on répète les opérations de e) à g), il faut se rappeler que :

a) Dans le cas d'autres signaux pour la pleine échelle, recalculer les niveaux 0.010, 2,500 et 5.00 Vdc correspondant aux points de 0,50 à 100%
b) les potentiomètres "H" et "M" peuvent être ajustés sans affecter le réglage du potentiomètre "L".
c) en ajustant le potentiomètre "L", on fait varier les valeurs des potentiomètres "H" et "M".
d) Le potentiomètre "M" peut être ajusté sans affecter les valeurs des potentiomètres "L" et "H".
e) L'emplacement des potentiomètres est notifié dans le manuel joint à l'instrument.

5 Dépannage

5.1 Généralités

Pour expertiser convenablement le fonctionnement d'un débitmètre massique, il faut le démonter de l'installation et le contrôler sans y faire passer de gaz. Si l'on croit que l'appareil est encrassé, on peut facilement le vérifier en regardant l'intérieur des connexions d'entrée et de sortie, ou mieux en dévissant le flasque d'entrée du corps du débitmètre.
Ensuite retirer le capot supérieur et vérifier que tous les connecteurs sont correctement raccordés. En mettant alternativement l'instrument sous tension et hors tension, on remarque si l'électronique est la cause de la panne.
Si l'électronique fonctionne, remettre l'appareil en place et vérifier que le gaz débite. Si l'on craint une fuite, ne pas faire de recherche avec des produits de détection comme de l'eau savonneuse. Cela pourrait entraîner un court circuit au niveau des liaisons électriques du tube capillaire et de la carte électronique.

5.2 Aide à la localisation de panne

Symptômes	**Causes possibles**	**Remèdes**
Pas de signal de sortie	Pas d'alimentation	1a) vérifier l'alimentation
		1b) vérifier câble et connecteur
	Carte électronique endommagée par un court circuit ou une surtension accidentelle	1c) renvoyer l'appareil à l'usine
	Vanne est bloquée ou encrassée	1d) Nettoyer l'intérieur ainsi que toutes les pièces et remonter la vanne (cette opération doit être effectuée par du personnel qualifié)
	La crépine d'entrée est bouchée	1e) la nettoyer avec un solvant
	Les résistances du capillaire sont endommagées	1f) renvoyer l'appareil à l'usine
Signal de sortie excessif	La carte électronique endommagée	2a) renvoyer l'appareil à l'usine
	Le capillaire est endommagé	2b) renvoyer l'appareil à l'usine
Signal de sortie trop faible par rapport au signal de référence ou au débit attendu	La carte électronique endommagée	3a) renvoyer l'appareil à l'usine
	La vanne est bouchée ou encrassée	3b) nettoyer la vanne
	Les parties internes de la vanne sont endommagées (joint du clapet gonflé)	3c) remplacer l'ensemble du clapet, ajuster la vanne ou la renvoyer à l'usine
	Ce n'est pas le bon gaz qui est utilisé. La pression n'est pas la bonne ou bien il s'agit de perte de charge	3d) vérifier le fonctionnement dans les conditions prévues sur la spécification
Fort débit pour un point de consigne zéro	Le piston est endommagé (ceci ne s'applique qu'aux vannes à pistons)	4a) remplacer le piston
Le débit indiqué diminue progressivement	Il peut y avoir des condensations. Cela arrive avec NH_3, des hydrocarbures tels que le C_3H_8, C_4H_{10}	5a) baisser la pression d'alimentation ou chauffer l'alimentation en gaz.
	Le réglage de la vanne a changé	5b) voir 1d) et procéder de la même façon
Pompage	Le réglage du régulateur est mauvais	6a) régler le régulateur
	La pression d'alimentation ou bien la perte de charge sont trop importantes	6b) ajuster la pression
	Le détendeur lui-même crée le pompage	6c) essayer d'augmenter le volume entre le détendeur et le débitmètre. Sinon, changer le détendeur
	Les parties internes de la vanne sont endommagées	6d) remplacer les parties abîmées, ajuster la vanne comme indiqué en 1 d) ou la renvoyer à l'usine
Léger débit pour un point de consigne zéro	La vanne fuit. Clapet endommagé ou saleté sur le siège	7a) Nettoyer le siège et le clapet ; Le remplacer s'il est endommagé.

APPENDICE 1

TABLE DE CONVERSION DES GAZ

Doc. no.: 9.02.237

TABLE DE CONVERSION DES GAZ

No.:	Nom:	Symbole	Densité ρ_n [g / l] 0°C, 1 atm.	Chaleur spécifique* c_p – cal[cal / g.K] 20°C, 1 atm.	Facteur de conversion 20°C, 1 atm.
1	Acetylene (Ethyne)	C_2H_2	1.172	0.438	0.61
2	Air	Air	1.293	0.241	1.00
3	Allene (Propadiene)	C_3H_4	1.832	0.392	0.43
4	Ammonia	NH_3	0.7693	0.524	0.77
5	Argon	Ar	1.784	0.125	1.40
6	Arsine	AsH_3	3.524	0.133	0.66
7	Boron trichloride	BCl_3	5.227	0.136	0.44
8	Boron trifluoride	BF_3	3.044	0.188	0.54
9	Bromine pentafluoride	BrF_5	7.803	0.156	0.26
10	Butadiene (1,3-)	C_4H_6	2.504	0.405	0.31
11	Butane	C_4H_{10}	2.705	0.457	0.25
12	Butene (1-)	C_4H_8	2.581	0.415	0.29
13	Butene (2-) (Cis)	C_4H_8	2.503	0.387	0.32
14	Butene (2-) (Trans)	C_4H_8	2.503	0.421	0.30
15	Carbonylfluoride	COF_2	2.983	0.194	0.54
16	Carbonylsulfide	COS	2.724	0.175	0.65
17	Carbon dioxide	CO_2	1.977	0.213	0.74
18	Carbon disulfide	CS_2	3.397	0.152	0.60
19	Carbon monoxide	CO	1.25	0.249	1.00
20	Chlorine	Cl_2	3.218	0.118	0.82
21	Chlorine trifluoride	ClF_3	4.125	0.188	0.40
22	Cyanogen	C_2N_2	2.376	0.275	0.48
23	Cyanogen chloride	ClCN	2.743	0.185	0.61
24	Cyclopropane	C_3H_6	1.919	0.374	0.43
25	Deuterium	D_2	0.1798	1.73	1.00
26	Diborane	B_2H_6	1.248	0.577	0.43
27	Dibromo difluoromethane	Br_2CF_2	9.361	0.17	0.20
28	Dichlorosilane	SiH_2Cl_2	4.506	0.17	0.41
29	Dimethylamine	C_2H_6NH	2.011	0.417	0.37
30	Dimethylpropane (2,2-)	C_5H_{12}	3.219	0.462	0.21
31	Dimethylether	C_2H_6O	2.105	0.378	0.39
32	Disilane	Si_2H_6	2.857	0.352	0.31
33	Ethane	C_2H_6	1.355	0.468	0.49
34	Ethylene (Ethene)	C_2H_4	1.261	0.414	0.60
35	Ethylene oxide	C_2H_4O	1.965	0.303	0.52
36	Ethylacetylene (1-Butyne)	C_4H_6	2.413	0.401	0.32
37	Ethylchloride	C_2H_5Cl	2.878	0.263	0.41
38	Fluorine	F_2	1.696	0.201	0.91
39	Freon-11	CCl_3F	6.129	0.145	0.35
40	Freon-113	$C_2Cl_3F_3$	8.36	0.174	0.21
41	Freon-1132A	$C_2H_2F_2$	2.889	0.244	0.44
42	Freon-114	$C_2Cl_2F_4$	7.626	0.177	0.23
43	Freon-115	C_2ClF_5	7.092	0.182	0.24
44	Freon-116	C_2F_6	6.251	0.2	0.25
45	Freon-12	CCl_2F_2	5.547	0.153	0.37
46	Freon-13	$CClF_3$	4.72	0.165	0.40
47	Freon-13B1	$CBrF_3$	6.768	0.12	0.38
48	Freon-14	CF_4	3.946	0.18	0.44
49	Freon-21	$CHCl_2F$	4.592	0.154	0.44
50	Freon-22	$CHClF_2$	3.936	0.168	0.47
51	Freon-23	CHF_3	3.156	0.191	0.52
52	Freon-C318	C_4F_8	9.372	0.222	0.15
53	Germane	GeH4	3.45	0.16	0.56

* c_p - cal (T,p) = c_p (T + 50°C, p)

TABLE DE CONVERSION DES GAZ

No.:	Nom:	Symbole	Densité ρ_n [g / l] 0°C, 1 atm.	Chaleur spécifique* c_p – cal [cal / g.K] 20°C, 1atm.	Facteur de conversion 20°C, 1atm.
54	Helium	He	0.1785	1.24	1.41
55	Helium (3-)	3He	0.1346	1.606	1.44
56	Hydrogen	H_2	0.08991	3.44	1.01
57	Hydrogen bromide	HBr	3.646	0.0869	0.98
58	Hydrogen chloride	HCl	1.639	0.192	0.99
59	Hydrogen cyanide	HCN	1.206	0.345	0.75
60	Hydrogen fluoride	HF	0.8926	0.362	0.96
61	Hydrogen iodide	HI	5.799	0.0553	0.97
62	Hydrogen selenide	H_2Se	3.663	0.109	0.78
63	Hydrogen sulfide	H_2S	1.536	0.246	0.82
64	Isobutane	C_4H_{10}	2.693	0.457	0.25
65	Isobutylene (Isobutene)	C_4H_8	2.60	0.429	0.28
66	Krypton	Kr	3.749	0.058	1.43
67	Methane	CH_4	0.7175	0.568	0.76
68	Methylacetylene	C_3H_4	1.83	0.399	0.43
69	Methylbromide	CH_3Br	4.35	0.118	0.61
70	Methylchloride	CH_3Cl	2.3	0.212	0.64
71	Methylfluoride	CH_3F	1.534	0.29	0.70
72	Methylmercaptan	CH_3SH	2.146	0.272	0.53
73	Molybdenum hexafluoride	MoF_6	9.366	0.156	0.21
74	Mono-ethylamine	$C_2H_5NH_2$	2.011	0.436	0.36
75	Monomethylamine	CH_3NH_2	1.419	0.424	0.52
76	Neon	Ne	0.9002	0.246	1.41
77	Nitric oxide	NO	1.34	0.239	0.97
78	Nitrogen	N_2	1.250	0.249	1.00
79	Nitrogen dioxide	NO_2	2.053	0.204	0.74
80	Nitrogen trifluoride	NF_3	3.182	0.194	0.50
81	Nitrosyl chloride	NOCl	2.984	0.17	0.61
82	Nitrous oxide	N_2O	1.978	0.221	0.71
83	Oxygen	O_2	1.429	0.222	0.98
84	Oxygen difluoride	OF_2	2.417	0.201	0.64
85	Ozone	O_3	2.154	0.207	0.70
86	Pentane	C_5H_{12}	3.219	0.455	0.21
87	Perchlorylfluoride	ClO_3F	4.653	0.165	0.41
88	Perfluoropropane	C_3F_8	8.662	0.22	0.16
89	Performa- ethylene	C_2F_4	4.523	0.206	0.33
90	Phosgene	$COCl_2$	4.413	0.149	0.47
91	Phosphine	PH_3	1.53	0.277	0.73
92	Phosphorous pentafluoride	PF_5	5.694	0.183	0.30
93	Propane	C_3H_8	2.012	0.456	0.34
94	Propylene (Propene)	C_3H_6	1.915	0.408	0.40
95	Silane	SiH_4	1.443	0.349	0.62
96	Silicon tetrafluoride	SiF_4	4.683	0.18	0.37
97	Sulfurylfluoride	SO_2F_2	4.631	0.175	0.38
98	Sulfur dioxide	SO_2	2.922	0.157	0.68
99	Sulfur hexafluoride	SF_6	6.626	0.175	0.27
100	Sulfur tetrafluoride	SF_4	4.821	0.192	0.34
101	Trichlorosilane	$SiHCl_3$	6.044	0.157	0.33
102	Trimethylamine	C_3H_9N	2.637	0.424	0.28
103	Tungsten hexafluoride	WF_6	13.29	0.092	0.25
104	Vinylbromide	C_2H_3Br	4.772	0.141	0.46
105	Vinylchloride	C_2H_3Cl	2.865	0.229	0.47
106	Vinylfluoride	C_2H_3F	2.08	0.305	0.49
107	Xenon	Xe	5.899	0.0382	1.38

* c_p - cal (T,p) = c_p (T + 50°C, p)

APPENDICE 2

Annexe

Certificat d’étalonnage
Déclaration de contamination
Schéma d’encombrement
Schéma de branchements